

USO DO SOFTWARE PAJEK E APLICAÇÃO DETALHADA DA TEORIA DE GRAFOS EM MAPEAMENTOS DAS RELAÇÕES ENTRE OS DOCENTES COAUTORES DE PROJETOS DE EXTENSÃO DA UFRB

FERREIRA, J. A. A. *

SOUZA, A. C. dos S. †

SAMPAIO, R. L. ‡

2020 RECET V01.01

RESUMO

O artigo *Uso do software Pajek e aplicação detalhada da teoria de grafos em mapeamentos das relações entre os docentes coautores de projetos de extensão da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia* se estrutura com objetivo de estudar o fluxo de coparticipações estabelecidas entre os coordenadores ou colaboradores das atividades de extensão direcionadas à Matemática desenvolvidas na esfera da UFRB. Considerando a importância da conexão profissional entre os docentes envolvidos em atividades de interesses em comum para esta área de conhecimento, com auxílio do *software* Pajek e por meio das características estruturais da rede criada para análise do banco de dados fornecidos pela PROEXT, foi possível identificar e compreender como os docentes comunicam os seus trabalhos nos mesmos Centros de Ensino e, principalmente, em Centros diferentes. A partir da análise do grafo da rede supracitada, foi possível impulsionar estratégias de contatos entre docentes para a melhoria na circulação de informações referentes às atividades de extensão desenvolvidas no âmbito da UFRB.

Palavras-chave: Redes Sociais, Atividades de Extensão, Matemática.

ABSTRACT

The article *Use of the Pajek software and detailed application of graph theory in mapping the relationships between the teachers co-authors of extension projects at the Federal University of Recôncavo da Bahia* is structured to study the flow of co-participations established between the coordinators or collaborators of extension activities directed to Mathematics. developed in the sphere of UFRB. Considering the importance of the professional connection between teachers involved in activities of common interest for this area of knowledge, with the help of Pajek software and through the structural characteristics of the network created for analysis of the database provided by PROEXT, it was possible to identify and understand how teachers communicate their work in the same teaching centers and especially in different centers. From the analysis of the graph of the aforementioned network, it was possible to boost contact strategies between teachers to improve the circulation of informa-

*Jaqueline Alessandra Azevedo Ferreira. Possui Graduação em Licenciatura em Matemática pela Universidade Estadual de Feira de Santana. Possui Mestrado em Matemática pela Universidade Federal da Bahia. Atualmente, trabalha como professora Assistente I na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. jaqueline_azevedo@ufrb.edu.br

†Antonio Carlos dos Santos Souza. Possui Doutorado em Ciência da Computação pela UFBA/UEFS/Unifacs (2014), Mestre em Modelagem Computacional pela FVC (2006), Bacharel em Informática pela UCSAL (1998) e Técnico em Instrumentação Industrial pela Escola Técnica Federal da Bahia. Atualmente é professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia. acsantossouza@gmail.com

‡Romilson Lopes Sampaio. Doutor em Educação: Currículo na Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (2014), Mestre em Educação pela Universidade de Brasília (2009), Mestre em Gestão Integrada de Organizações pela Universidade do Estado da Bahia (2005), Especialista em Análise de Sistemas e Métodos pela Fundação Visconde de Cairu (1998) e Bacharel em Informática pela Universidade Católica do Salvador (1997). Atualmente é professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA) e do Doutorado Multi-Institucional e Multidisciplinar em Difusão do Conhecimento (DMMDC - IFBA, LNCC, SENAI-CIMATEC, UEFS, UNEB e UFBA). romilsonls@gmail.com

tion regarding the extension activities developed within the UFRB.

Keywords: Social Networking, Extension Activities, Mathematics.

Sumário

Sumário	2
Lista de ilustrações	2
Introdução	2
Fundamentação teórica	3
Metodologia	7
Conclusão	12

Referências	12
--------------------	----

Lista de ilustrações

Figura 1 – Mapa de Ação da PROEXT	6
Figura 2 – Rede de Relações entre Coordenadores e Atividades de Extensão	8
Figura 3 – Centralidade por Grau de relações estabelecidas na Figura 2	8
Figura 4 – Partições representadas por centros de ensino das coautorias em Atividades de Extensão	9
Figura 5 – Medida de centralidade por grau dos vértices da rede representada na Figura 5	9
Figura 6 – Medida de centralidade por proximidade dos vértices da rede representada na Figura 4	10
Figura 7 – Medida de centralidade por proximidade dos vértices da rede representada na Figura 7, e que admitem apenas geodésicas definidas	10
Figura 8 – Medida de centralidade por intermediação dos vértices da rede representada na Figura 4	11

INTRODUÇÃO

A Extensão Universitária é a comunicação que se estabelece entre universidade e comunidade externa, visando à produção de conhecimen-

tos e à interlocução das atividades acadêmicas de ensino e de pesquisa, ao passo que disponibiliza a universidade à comunidade. Nesse sentido, é importante que a comunidade que sofre a ação da universidade tome conhecimento das atividades desenvolvidas através da extensão universitária. Quando a universidade é multicampia, composta por campi em territórios afastados, o distanciamento geográfico pode dificultar que as atividades de extensão realizadas em alguma região de ação universitária sejam contempladas pelas demais regiões impactadas por essa universidade; no entanto, as informações referentes à elaboração e execução destas atividades originadas num determinado *campus* (sejam elas projetos, programas, cursos, consultorias, eventos, publicações ou prestações de serviço) podem ter maior visibilidade, se melhor divulgadas por seus coordenadores ou colaboradores (docentes, técnicos-administrativos ou estudantes da universidade) locados nas demais instalações universitárias.

Quando se trata da área de conhecimento Matemática, essa preocupação se estende, uma vez que divulgar pesquisas direcionadas a esta ciência tem provocado grande desestímulo à maioria dos ouvintes, ora pelas limitações em suas habilidades para compreender conceitos desta área, ora pela aplicação da Matemática de forma descontextualizada, distante da realidade vivenciada pelos alunos.

Em sua monografia, submetida ao plano nacional de formação de professores do ensino básico PAFOR (UFRB), OLIVEIRA (2013, p. 15) afirma que:

Observa-se, também, que a Matemática é trabalhada de forma isolada e o discente ouve, repete e resolve os exercícios a partir de exemplos dados pelo professor. Tal prática se resume apenas em acúmulo de informações que nada contribui para a construção de conhecimento, na qual no final de um processo espera-se que os alunos sejam capazes de interagir com situações diversas do cotidiano com a Matemática trabalhada em sala de aula, porém isto termina causando um conflito cognitivo, uma vez que durante o processo não aconteceu essa interação e só é exigida no final.

Tais aplicações podem ser apreciadas de

forma mais prazerosa através do caráter interdisciplinar das atividades de extensão, visto que as atividades de extensão envolvendo saberes matemáticos podem englobar experiências de popularização desta ciência e realizar atividades que favoreçam a construção de caminhos que possam contribuir no enfrentamento de problemas e questões sociais. Uma forte conexão profissional entre os envolvidos em atividades de interesses em comum para esta área de conhecimento facilita significativamente a fluidez das informações dentro da rede de coordenadores ou colaboradores que geralmente elaboram, divulgam ou executam a extensão.

Este artigo se estrutura com objetivo de estudar o fluxo de coparticipações estabelecidas entre os coordenadores ou colaboradores das atividades de extensão direcionadas à Matemática desenvolvidas na esfera da UFRB, a fim de identificar os docentes mais proeminentes nessa rede de relações, traçando os contatos entre docentes de mesmos Centros ou de Centros distintos, impulsionando estratégias para a melhoria na circulação de informações referentes às atividades de extensão desenvolvidas em toda a esfera da ação universitária. Para isso, a intensidade das conexões estabelecidas por estes docentes também foi analisada, através dos conceitos de Análise de Redes Sociais Científicas.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Muitas aplicações estão sendo desenvolvidas baseadas em análise de Redes Sociais Científicas. No artigo “Análise de Redes Sociais Científicas: Modelagem Multi-relacional”, Ströele, Zimbrão e Souza (2016) propõem um modelo para a construção de uma rede social científica multi-relacional. Nesse modelo, são considerados vários fatores que influenciam a análise das Redes Sociais, tais como: tipos de relacionamentos diferentes, peso do relacionamento, idade do relacionamento, perda de informação na transferência de conhecimento entre os pesquisadores etc.

ANJOS et al. (2015), no artigo “A análise de Redes Sociais como ferramenta para o mapeamento de relações entre atores sociais de um projeto de extensão universitária”, apresentam o resultado de uma investigação feita por meio da Análise

de Redes sociais a fim de compreender como as relações entre os sujeitos envolvidos direta e/ou indiretamente em um projeto de extensão em uma universidade paranaense foram estabelecidas.

No artigo “O papel dos docentes em programas de pós-graduação: uma abordagem baseada em redes”, ANDRADE et al. (2015) caracterizam as redes de Programas de Pós-Graduação (PPG) usando a distribuição do tamanho dos componentes e analisam a colaboração entre os docentes dos programas a partir das redes de coautoria, distinguindo-os de outros participantes. Os resultados mostram que os pesquisadores tendem a se agrupar, formando um núcleo; consequentemente, a colaboração científica aumenta ao longo dos anos.

Em “Um sistema para análise de redes de pesquisa baseado na Plataforma Lattes”, FARIAS, VARGAS e BORGES (2012) descrevem um sistema que extrai a produção científica de um conjunto de pesquisadores a partir dos seus currículos Lattes, analisa os dados extraídos em busca de referências bibliográficas replicadas e gera uma visualização gráfica das redes de colaboração entre os pesquisadores. Neste artigo, a análise das redes de colaboração permite entender melhor como se comportam as interações entre esses pesquisadores.

PEREIRA et al. (2014), no artigo “Redes de coautoria identificadas na produção científica em programa de pós-graduação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul” relacionaram a coautoria e a produção dos docentes do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, da UFRGS. A pesquisa de métodos mistos foi realizada com auxílio de técnicas bibliométricas e de Análise de Redes Sociais (ARS). Os resultados indicam um crescimento de trabalhos em coautoria, assim como mostram que seus elementos de conexão são os professores, com forte tendência dos alunos em publicar junto com seus orientadores.

DORNER et al. (2016), em seu artigo “Cooperação científica: uma análise da rede formada pelos pesquisadores do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Agronegócio da



Unioeste” analisaram a extensão da rede de pesquisa desenvolvida pelos professores permanentes do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional e Agronegócio da Unioeste em relação a outros pesquisadores e a distintas IES. Os resultados confirmam uma rede de pesquisa bem estruturada, incluindo todas as regiões brasileiras. Tanto os laços fortes quanto os fracos se demonstram importantes para a manutenção e ampliação da rede de pesquisa. Os pesquisadores mais produtivos também foram os mais colaborativos.

Com objetivo de consolidar espaço para a discussão e produção de pesquisa sobre modelagem de redes no DMMDC, o evento científico *I Seminário de Modelagem de Redes do DMMDC* contou com a presença das doutorandas em Difusão do Conhecimento Baumann e Santos, que apresentaram seu projeto de tese, intitulado “A utilização de Redes Semânticas no processo de avaliação de um Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar”, no qual trataram de um estudo descritivo acerca da utilização de redes semânticas enquanto proposta de avaliação do cenário produtivo e formativo do programa de pós-graduação DMMDC. Baumann e Santos elegeram para investigação o conjunto de dados composto pelo ementário curricular, títulos das teses e títulos das produções intelectuais do quadriênio de avaliação 2013-2016 da CAPES. O *I Seminário de Modelagem de Redes do DMMDC* também contou com a apresentação do artigo “Investigando a Rede de Matriculados no Curso de Administração da UNEB, utilizando a Ferramenta de Análise de Redes Sociais Gephi”, em que Cardoso e Viana utilizaram as ferramentas de Teoria de Redes para investigar a origem dos discentes ingressantes nos cursos presenciais de graduação em Administração na Universidade do Estado da Bahia em 2016. O trabalho analisa o atendimento às demandas deste curso nas diferentes regiões do estado da Bahia, identificando a partir das Redes Sociais formadas com o apoio da ferramenta Gephi se as cidades de origem dos discentes estão relacionadas aos *Campus* da UNEB geograficamente mais próximos.

Em “Análise de Redes Sociais Científicas:

Modelagem Multi-relacional”, a análise é feita relacionando projetos em comunidades acadêmicas diferentes; por outro lado, em “A análise de Redes Sociais como ferramenta para o mapeamento de relações entre atores sociais de um projeto de extensão universitária”, a análise da rede é feita extraindo dados de relações em apenas um projeto de extensão. Também, em “Redes de coautoria identificadas na produção científica em programa de pós-graduação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul” e em “Cooperação científica: uma análise da rede formada pelos pesquisadores do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Agronegócio da Unioeste”, as análises não levam em consideração a multicampia universitária.

Neste artigo, foi utilizado o *software* Pajek¹ para traçar redes que identificassem a dinâmica de todas as atividades de extensão relacionadas à área da Matemática desenvolvidas junto à comunidade acadêmica em todos os Centros de Ensino da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Além disso, foi possível identificar os principais grupos criados pelos coordenadores mais proeminentes na rede investigada, isto é, tendo alta influência no fluxo de comunicação entre os coordenadores de todas as atividades de extensão realizadas na UFRB, permitindo elaborações de estratégias de divulgação dos eventos nas regiões que sofrem a ação da Universidade, de modo a contemplar o máximo de Centros de Ensino. Para tanto, serão definidos e aplicados os conceitos de métricas em teoria de Redes Sociais, sabendo que diferentes medidas de centralidade (grau, proximidade e intermediação) permitirão a localização de diferentes proeminências.

Segundo PEREIRA G. M. R.; CÂMARA (2008, p. 79),

A teoria dos grafos é essencial para resolução de problemas, desde os mais simples aos elaborados. São problemas que justificam atenção, devido ao fato de aparecerem diversas aplicações e serem considerados difícil solução. Grafos são uma inesgotável fonte de problemas com enunciado simples, mas que escondem, muitas vezes, uma sofisticada estrutura matemática.

¹ Programa utilizado para análise e visualização de redes. Maiores informações podem ser encontradas em <http://mrvar.fdv.unl.j.si/pajek/>



O estudo de redes na forma de grafos é um dos pilares da Matemática discreta e teve início em 1735, quando Euler propôs uma solução para o problema das pontes de Königsberg, originando-se daí a teoria dos grafos. Na cidade de Königsberg (atual Kaliningrado), antiga capital da Prússia Oriental, o rio Pregel circunda uma ilha e separa a cidade em quatro zonas que, no séc. XVII, estavam ligadas por sete pontes. “Por muito tempo os habitantes daquela cidade se perguntavam se era possível cruzar as sete pontes numa caminhada contínua sem passar duas vezes por qualquer uma delas” (PEREIRA G. M. R.; CÂMARA, 2008, p. 68). Envolvendo conceitos do que veio a ser a teoria dos grafos (séc. XVII), Euler descobriu que o problema não passava de uma especulação matemática e que tal cruzamento não era possível.

A seguir, serão utilizados conceitos relevantes em Teoria dos Grafos, a fim de fundamentar nosso objeto de estudo.

Definição 1. “Um grafo $G(V, E)$ é uma estrutura matemática constituída pelos conjuntos V finito e não vazio de n vértices e E , de m arestas, que são pares não ordenados de elementos de V (PEREIRA G. M. R.; CÂMARA, 2008, p. 68).

Seja, por exemplo, o grafo $G(V, E)$ dado pelos conjuntos $V = \{p; p \text{ é pessoa}\}$ e $A = \{(v, w); v \text{ trabalha com } w\}$. A operação (v, w) é uma relação de simetria, isto é, v trabalha com w se, e somente se, w trabalha com v .

Definição 2. A Centralidade por Grau mede o nível de comunicação de um vértice, verificando o seu prestígio na rede. Quanto mais caminhos alternativos ele tiver para satisfazer as necessidades de informação, menos dependente de outros indivíduos ele será. Nesse caso, poderá ter acesso a mais recursos disponibilizados pela rede (ANJOS et al., 2015, p. 06).

Considerando esta medida de centralidade, os vértices mais centrais de uma rede são aqueles com mais conexões com os outros. Para calcular a centralidade por grau de um vértice, basta considerar a quantidade de ligações diretas deste vértice a

outros na rede.

$$C_g(i) = \sum_{j=1}^n A_{ij}, \quad (1)$$

em que o índice i representa o número de identificação do vértice trabalhado, e

$$A_{ij} = \begin{cases} k, & \exists k \text{ relações entre os vértices } i \text{ e } j \\ 0, & \nexists \text{ relações entre os vértices } i \text{ e } j \end{cases}$$

Definição 3. “Caminho é um passeio que não contém nós repetidos” (PEREIRA G. M. R.; CÂMARA, 2008, p. 69). O tamanho de um caminho é o número de arestas presentes no caminho.

Definição 4. “Geodésica é o caminho mais curto entre dois vértices” (HIGGINS S. S.; RIBEIRO, 2018, p. 13).

Definição 5. Distância Geodésica é o tamanho do caminho mais curto entre dois vértices. Será utilizada a notação $DG_j(i)$ para representar a distância geodésica do vértice j ao vértice i . Quando não há caminho entre dois vértices, falamos de uma distância infinita ou indeterminada (HIGGINS S. S.; RIBEIRO, 2018, p. 104).

Definição 6. “A Centralidade por Proximidade indica o quanto a informação é confiável. É medida por meio da distância que um ator tem para com todos os outros da rede. Quanto menor a distância, maior a proximidade, ou seja, a confiabilidade da informação” (ANJOS et al., 2015, p. 06).

Considerando esta medida de centralidade, o vértice mais central da rede é aquele que está no centro das coisas, podendo rapidamente interagir com todos.

A Centralidade por Proximidade pode ser calculada pelo inverso da soma das distâncias geodésicas de um vértice para cada outro vértice presente na rede.

$$C_{cj} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{DG_j(i)}{n-1} \right)^{-1} \quad (2)$$

Definição 7. “A Centralidade por Intermediação identifica os responsáveis pelo controle e pela mediação da informação na rede. Quanto mais pessoas dependerem de um vértice para fazer conexões com outras pessoas, maior será o poder conferido a esse vértice (ANJOS et al., 2015, p. 06).

Considerando esta medida de centralidade, o vértice mais central da rede é aquele que mais estiver entre o menor caminho que conecta cada par de vértices.

$$C_B(i) = \sum_{j < k} \frac{g_{jk}(i)}{g_{jk}}. \quad (3)$$

Defina-se por g_{jk} a quantidade de geodésicas do vértice j ao vértice k . Defina-se por $g_{jk}(i)$ a quantidade de geodésicas do vértice j ao vértice k , passando pelo vértice i . A conta capta a proporção total de geodésicas entre os vértices j e k que passam por pelo vértice i .

A Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) foi criada pela Lei nº 11.151, de 29 de julho de 2005, por desmembramento da Escola de Agronomia da Universidade Federal da Bahia (UFBA). Com sede e foro na cidade de Cruz das Almas e unidades (Centros de Ensino) instaladas nos municípios de Amargosa, Cachoeira, Feira de Santana, Santo Amaro e Santo Antônio de Jesus, a UFRB é constituída em um modelo *multicampi*, que tem como um dos principais objetivos explorar o potencial socioambiental de cada espaço do Recôncavo Baiano. A UFRB oferece 64 cursos de graduação e 28 cursos de pós-graduação. Especificamente direcionados para a Matemática, a UFRB oferece os seguintes cursos: Licenciatura em Matemática (presencial e EAD), Bacharelado em Matemática, Especialização em Ciências e Matemática, Mestrado Profissional em Matemática e Licenciatura em Educação do Campo com Habilitações em Matemática e Ciências Naturais.

As atividades de extensão universitária na UFRB se efetivam por meio de programas, projetos, vivências, cursos, eventos, prestação de serviços e consultoria, publicações e outros produtos acadêmicos, inseridos nas áreas temáticas. De acordo com as listas públicas emitidas pelos centros de ensino da UFRB, o fluxo de produções de atividades extensionistas nesta Universidade é bem elevado, dando uma contribuição importante à curricularização de seus egressos.

Figura 1 – Mapa de Ação da PROEXT



Fonte – <https://www.ufrb.edu.br/proext/mapa-de-acoes>

A Resolução CONAC nº 038/2017, dispõe sobre a aprovação das normas que disciplinam as ações de extensão universitária no âmbito da UFRB. Um dos objetivos da extensão universitária na UFRB é “*promover a socialização e o compartilhamento entre as comunidades acadêmica e não-acadêmica do conhecimento produzido pela Universidade e demais grupos-sociais*” (Art. 4º CONAC 038/2017).

Considerando a multicampia da Universidade, a Pró-Reitoria de Extensão - PROEXT apoia, através de editais anuais, parcerias interinstitucionais, cursos e oficinas de formação, ações que representam a possibilidade de inclusão social e de

promoção do desenvolvimento territorial, principalmente no Recôncavo da Bahia, no Vale do Jiquiriçá e no Portal do Sertão. Todas as atividades de extensão desenvolvidas no âmbito da UFRB são devidamente cadastradas na PROEXT e alimentam a lista pública disponibilizada pela gerência técnica administrativa de cada Centro de Ensino.

METODOLOGIA

Para a construção das redes apresentadas neste capítulo, foi feita uma abordagem quantitativa dos dados extraídos das listas públicas disponibilizadas pela PROEXT através dos endereços eletrônicos:

- www.ufrb.edu.br/cecult/extensao;
- www.ufrb.edu.br/cetec/extensao,
- www.ufrb.edu.br/ccs/extensao e
- www.ufrb.edu.br/ccaab/extensao.

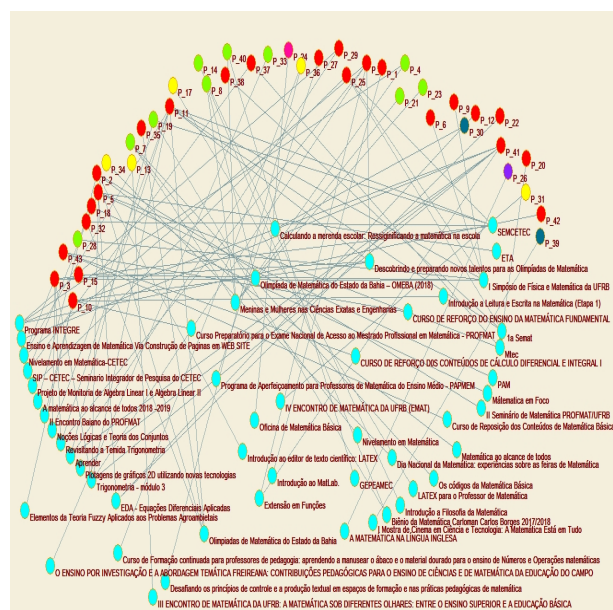
De acordo com a Pró-Reitoria de Gestão de Pessoal PROGEPE, a UFRB possui, em seu banco de servidores efetivos, um quadro com 878 docentes; dentre estes, 45 são docentes de alguma das áreas de conhecimento relacionadas à Matemática na esfera da UFRB. Com posse de todos os registros das atividades de extensão cadastradas na UFRB, selecionamos cuidadosamente através dos temas e resumos das submissões aqueles com enfoque direto na área da Matemática, totalizando-se 52 projetos de extensão, inicialmente sob coordenação de 25 docentes. De acordo com o Artigo 10º da Resolução CONAC 038/2017, as atividades de extensão, em qualquer uma de suas modalidades, deverão ter impreterivelmente apenas um coordenador geral, o qual será responsável pela submissão da proposta, pelo encaminhamento do relatório final e pela solicitação de certificados. Neste sentido, com auxílio dos setores técnico-administrativos da PROEXT, extraímos, dos processos de submissão das propostas de elaboração das 52 atividades extensionistas, todos os docentes efetivos que se enquadraram na condição de docente colaborador (parte da produção) das atividades coletadas em cada Centro de Ensino, sendo totalizados 43 docentes coordenadores ou colaboradores envolvidos.

Em seis dos sete Centros de Ensino, foram encontrados projetos de extensão com alguma aplicabilidade matemática. Possivelmente por seu caráter em promover uma formação humanista, não foram encontrados cadastros de atividades de extensão direcionadas para a área da Matemática no Centro de Artes, Humanidades e Letras CAHL, apesar da grande produtividade em atividades de extensão lá desenvolvidas. Para permitir investigações mais indagadoras, surgiu a atenção em inserir o nome de cada docente colaborador ou coordenador na Plataforma Lattes (padrão nacional no registro da vida pregressa e atual dos estudantes e pesquisadores do país), a fim de conhecer suas formações acadêmicas e buscar informações que nos levassem a entender as possíveis motivações de relações de coautoria estabelecidas entre eles dentro do banco de dados analisado.

Com o *software* Pajek, construímos uma rede bipartido para esboçar primeiramente o grafo da rede que relaciona os coordenadores ou colaboradores com as atividades desenvolvidas por eles. Nesse caso, a rede foi composta por 95 vértices que representaram 52 projetos de extensão e 43 docentes coordenadores ou colaboradores envolvidos. Em seguida, esboçamos a rede que relaciona a coautoria estabelecida através destas atividades desenvolvidas. Neste segundo caso, os 43 vértices representaram os coordenadores ou colaboradores que desenvolveram alguma atividade em coautoria, e as arestas estabelecidas apenas nos casos em que dois docentes trabalharam no mesmo projeto de extensão. A fim de preservar os nomes dos docentes envolvidos, considerando a quantidade de dados disponíveis, e para evitar poluição visual na construção das redes, os 43 atores listados foram representados com os símbolos P_1, P_2, \dots, P_{43} .



Figura 2 – Rede de Relações entre Coordenadores e Atividades de Extensão



- Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas - CETEC;
- Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas - CCAAB;
- Centro de Formação de Professores CFP;
- Centro de Ciências da Saúde - CCS;
- Centro de Ciências e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade - CETENS;
- Centro de Cultura, Linguagens e Tecnologias Aplicadas - CECULT;
- Atividades de extensão diretamente relacionados à Matemática.

Fonte – Elaborado pelos autores, 2019

Para a aplicação do nosso objeto de estudo, será considerada a rede representada pelo grafo $G_1(V_1, A_1)$, dado por $V_1 = \{P_i, Q_j\}$, em que P_i é docente e Q_j é projeto de extensão, e $A_1 = \{(P_i, Q_j)\}$, onde P_i coordena ou colabora na execução do(s) projeto(s) de extensão Q_j . Com auxílio da ferramenta Pajek, no primeiro momento, foi traçada a rede que relaciona os coordenadores ou colaboradores com suas Atividades de Extensão desenvolvidas, conforme Figura 2. Inseriu-se um atributo categórico importante para a análise da dinâmica das relações: foram criadas partições para classificar por cores todos os docentes lotados em um mesmo Centro de Ensino da UFRB e para identificar os vértices que representam atividades de extensão extraídas do banco de dados.

A Figura 3 foi obtida através da análise da centralidade por grau de envolvimento em atividades de extensão voltados para a Matemática. A

quantidade de conexões (grau) que o vértice (coordenador ou atividade extensionista) estabelece é representada por círculos com áreas proporcionais a proeminência de conexões na rede. Com auxílio das ferramentas do Pajek foi possível observar que o docente P_{11} é o mais envolvido nas atividades extensionistas de foco em Matemática da UFRB. Além disso, foi possível identificar quais atividades de extensão são de interesse comum entre os docentes listados neste banco de dados. Note que o Projeto de extensão “*I Simpósio de Física e Matemática da UFRB*” envolve a maior quantidade de docentes entre todos os demais listados. Considerando seu caráter interdisciplinar, este projeto envolve diversos docentes das áreas de Matemática e Física do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas.

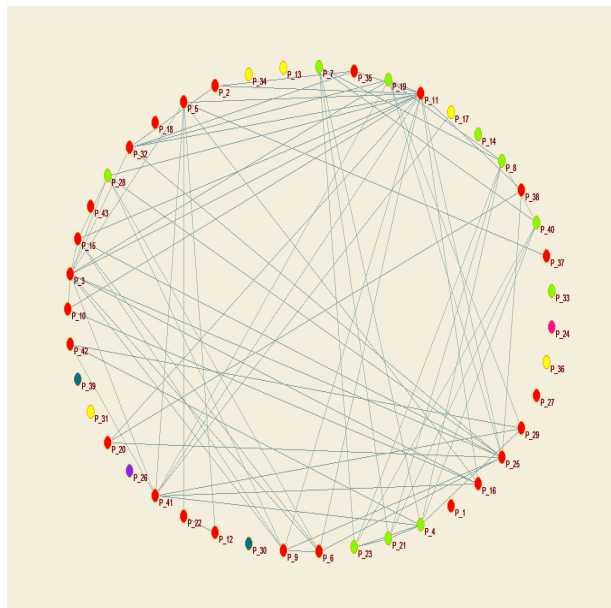
Figura 3 – Centralidade por Grau de relações estabelecidas na Figura 2



Fonte – Elaborado pela autora, 2019

Ainda com auxílio do Pajek, foi construída uma rede 1-Modo (representada na Figura 4), a fim de relacionar a dinâmica de interações entre estes coordenadores dos projetos. Para tanto, será considerada a rede representada pelo grafo $G_2(V_2, A_2)$ dado por $V_2 = \{P_i, P_j\}$; P_i desenvolve projeto(s) de extensão com P_j .

Figura 4 – Partições representadas por centros de ensino das coautorias em Atividades de Extensão



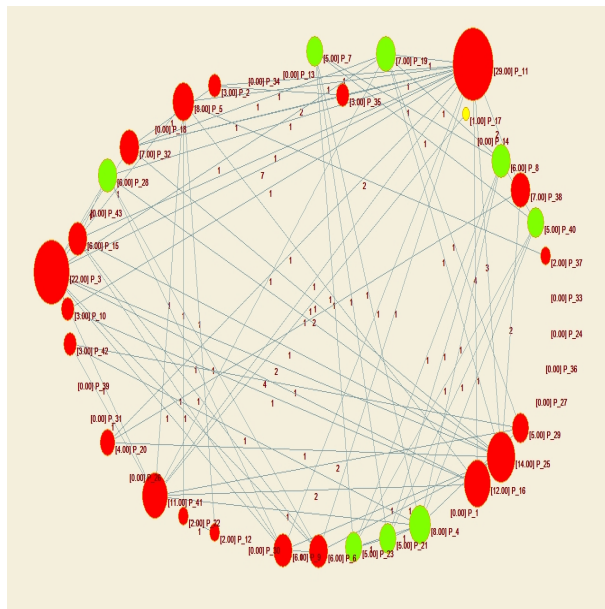
Fonte – Elaborado pela autora, 2019

Na Figura 4 é possível observar que, apesar da forte dinâmica de relações de coautoria entre os docentes da UFRB, as relações entre os centros distintos não são predominantes. Além disso, é fácil ver que os Centros de Ensino CETEC e CETENS são aqueles que mais desenvolvem atividades de extensão direcionadas à Matemática em caráter de colaboração, possivelmente por objetivarem a busca da formação de indivíduos críticos com bases sólidas em ciências exatas. Além disso, é possível identificar que o docente P_7 , apesar de lotado no Centro CECULT, desenvolve suas atividades em colaboração com os docentes do Centro CETENS, permitindo uma possível conexão entre o CETENS e CECULT. Por outro lado, a Figura 4 mostra que os demais Centros produzem atividades de forma individual. Nenhum dos docentes localizados nos demais Centros desenvolve atividade que possam ligá-lo aos grupos fortemente conectados, isto é, que possam criar elos de conexão entre os demais Centros. Isso dificulta significativamente a fluidez das notícias referentes desenvolvimento dos eventos voltados à Matemática nas instalações do CCAAB, CFP e CCS.

Com auxílio da plataforma lattes, na aná-

lise da rede representada pela Figura 2, verificou-se que docentes de diversas áreas de conhecimento (humanas, exatas e linguagens) participaram de elaboração de atividades de extensão direcionadas à Matemática. Neste sentido, esta rede tem sua formação substancialmente aleatória. Por outro lado, na análise da rede representada pela Figura 4, foi verificado que existem aspectos de proximidade geográfica (locação docente nos mesmos Centros de Ensino) que podem influenciar significativamente na escolha das ligações para coautoria das atividades, no entanto algumas conexões mais distantes oferecem atalhos entre os coordenadores, diminuindo a separação entre os centros.

Figura 5 – Medida de centralidade por grau dos vértices da rede representada na Figura 5



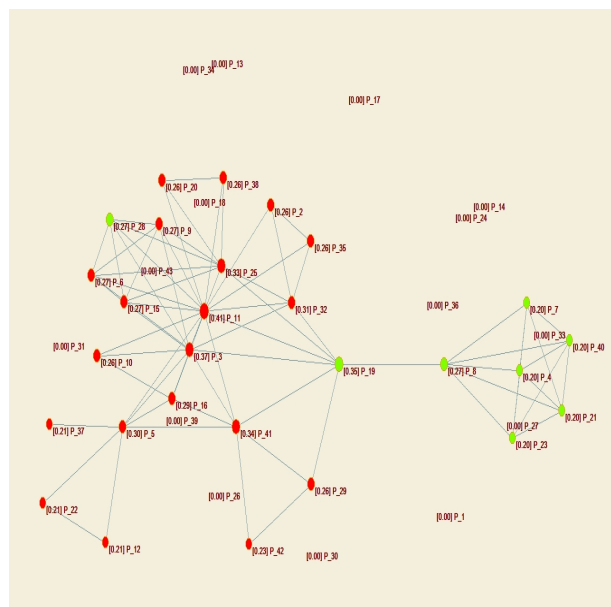
Fonte – Elaborado pela autora, 2019

Na Figura 5, extraímos a medida de centralidade por grau da rede representada na Figura 4. Na Figura 5, foi possível observar que a ordem de proeminência docente em produção (representados na Figura 3) não segue a mesma ordem de proeminência docentes nas relações profissionais dentro das atividades de extensão listadas. Esta medida de centralidade nos permitirá avaliar o quão bem conectado um coordenador está como os outros dentro das atividades de extensão universitárias.

Nas arestas desta rede foi possível identi-

ficar a quantidade de atividades de extensão voltadas à Matemática que cada docente desenvolveu junto a outro. No contexto de teoria de Redes Sociais, chamamos estas relações de pesos.

Figura 6 – Medida de centralidade por proximidade dos vértices da rede representada na Figura 4



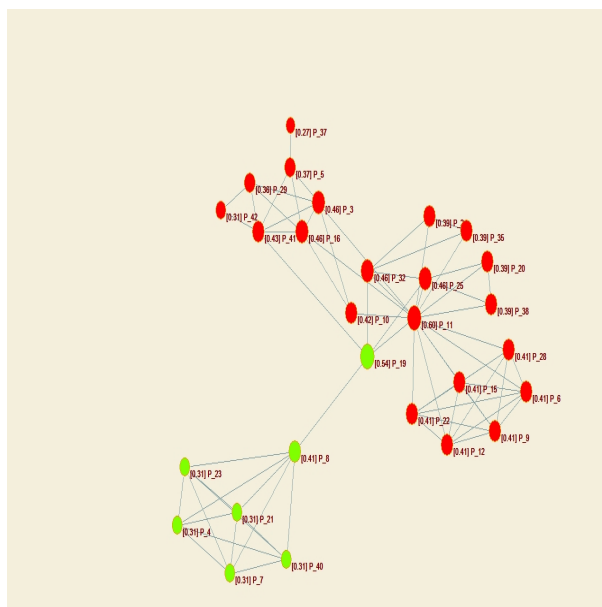
Fonte – Elaborado pela autora, 2019

Utilizando este recurso oferecido pelo software Pajek é possível perceber que o grau não foi calculado considerando a quantidade de docentes que cada docente trabalhou, mas a quantidade de relações estabelecidas entre eles. Seguindo este critério de centralidade (weighted degree), o coordenador com maior centralidade foi o docente P_{11} , $C_g i = 29$. De fato, indicando por $i = 11$ o vértice que representa o coordenador P_{11} , indicando por $J_2, J_3, J_5, J_6, J_9, J_{10}, J_{15}, J_{16}, J_{19}, J_{20}, J_{25}, J_{28}, J_{32}, J_{35}, J_{39}$ e J_{41} aos coordenadores $P_2, P_{10}, P_{15}, P_{16}, P_{19}, P_{20}, P_{25}$ e $P_{28}, P_{32}, P_{15}, P_{38}$ e P_{41} respectivamente, obtêm-se $A_{ij2} = 1, A_{ij3} = 7, A_{ij5} = 1, A_{ij6} = 1, A_{ij9} = 1, A_{ij10} = 1, A_{ij15} = 1, A_{ij16} = 4, A_{ij19} = 1, A_{ij20} = 1, A_{ij25} = 3, A_{ij28} = 1, A_{ij32} = 2, A_{ij35} = 1, A_{ij38} = 2, A_{ij41} = 1$ e $A_{ij} = 0$ nos demais casos. Substituindo em (1), obtêm-se $C_G i = \sum_{j=1, \dots, n} A_{ij} = 29$. Aos demais casos, foram utilizadas as ferramentas do Pajek para simplificar os cálculos.

Em seguida, foi traçada a rede de centralidade por proximidade, conforme Figura 6. Orientações ou sugestões para o desenvolvimento das atividades originadas pelo coordenador mais central por proximidade, por exemplo espalham-se por toda a rede em um tempo mínimo.

Através desta medida de centralidade, será possível identificar os coordenadores mais importante no que tange à transferência e à recepção da informação circulante. É possível verificar que a localização geográfica dos docentes influencia na escolha para coparticipação nas atividades.

Figura 7 – Medida de centralidade por proximidade dos vértices da rede representada na Figura 7, e que admitem apenas geodésicas definidas



Fonte – Elaborado pela autora, 2019

Para esta rede, os valores das medidas de centralidade por proximidade calculadas pelo algoritmo das ferramentas do Pajek não seguem da equação (1), visto que as distâncias geodésicas são indefinidas para alguns vértices. Neste sentido, a fim de comparar corretamente o algoritmo Pajek com a equação (2), construímos uma nova rede, retirando apenas os vértices que possuem distâncias geodésicas indefinidas. Da rede representada na Figura 4, é possível extrair um subconjunto de vértices interconectados entre si e criar uma rede,

representada na Figura 7, composta pelos 28 (vinte e oito) docentes mais bem relacionados (que admitem apenas por distâncias geodésicas definidas) no banco de dados.

Por exemplo,

$$\begin{aligned} DG_{11}(P_2) &= DG_{11}(P_3) = DG_{11}(P_6) = DG_{11}(P_9) \\ &= DG_{11}(P_{10}) = DG_{11}(P_{12}) = DG_{11}(P_{15}) \\ &= DG_{11}(P_{16}) = DG_{11}(P_{19}) = DG_{11}(P_{20}) \\ &= DG_{11}(P_{22}) = DG_{11}(P_{25}) = DG_{11}(P_{28}) \\ &= DG_{11}(P_{32}) = DG_{11}(P_{35}) = DG_{11}(P_{38}) \\ &= 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DG_{11}(P_5) &= DG_{11}(P_8) = DG_{11}(P_{29}) \\ &= DG_{11}(P_{41}) = 2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DG_{11}(P_4) &= DG_{11}(P_7) = DG_{11}(P_{21}) = DG_{11}(P_{23}) \\ &= DG_{11}(P_{37}) = DG_{11}(P_{42}) = DG_{11}(P_{40}) \\ &= 3 \end{aligned}$$

$$DG_{11}(P_{11}) = 0.$$

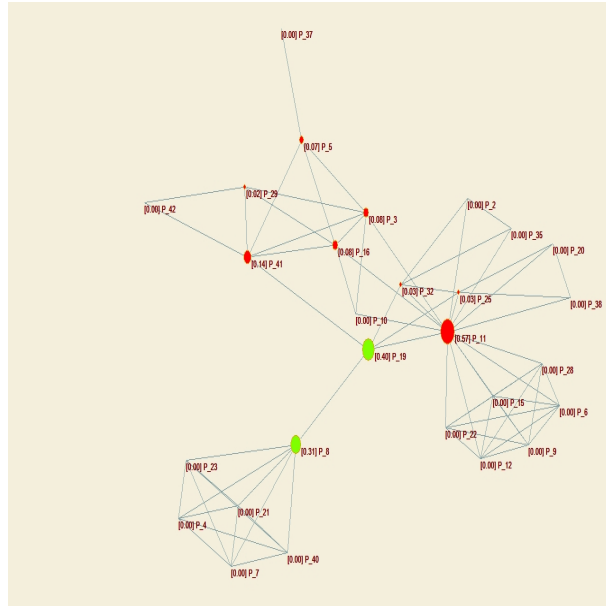
Substituindo em (2), obtêm-se:

$$\begin{aligned} C_{c11} &= \sum_{i=1, \dots, 28} \left(\frac{DG_{11}(i)}{n-1} \right)^{-1} \\ &= \left(\frac{16+8+21}{27} \right)^{-1} = \frac{27}{45} = 0,6, \end{aligned}$$

onde i representa a quantidade de coordenadores mais bem relacionados que foi possível extrair do banco de dados. Seguindo este critério de centralidade, mais uma vez, é possível perceber que o coordenador mais central foi o docente P_{11} .

Por fim, foi traçada a rede de centralidade por intermediação, conforme Figura 8. Esta medida de centralidade nos permitirá identificar quais os coordenadores têm uma localização mais estratégica para a realização de atividades de extensão relacionadas a Matemática dentro desta Universidade. Estes coordenadores servirão como ponte para a comunicação com outros.

Figura 8 – Medida de centralidade por intermediação dos vértices da rede representada na Figura 4



Fonte – Elaborado pela autora, 2019

Esse tipo de centralidade é mais difícil de captar por simples inspeção visual. Entretanto, uma forma técnica para discernir o poder de intermediação consiste em identificar quantas geodésicas passam por um determinado vértice. Na Figura 8 é imediato verificar que os vértices com centralidade por intermediação nula são exatamente os pontos i , tais que os menores caminhos (geodésicas) encontrados para ligar o vértice j ao vértice k não passam por i , isto é $g_{jk}(i) = 0$, confirmando (3).

$$C_B(i) = \sum_{j < k} \frac{g_{jk}(i)}{g_{jk}} = 0.$$

Note que apesar da grande criação de clusters dentro dos Centros de Ensino, existe um docente P_{19} capaz de intermediar as relações profissionais entre os Centros. Grau de centralidade por intermediação $C_B(19) = 0,4$. A retirada deste docente da rede provoca total desconexão nas atividades de extensão da área da Matemática entre os centros CETEC e CETENS. Em contato com o coordenador mais central P_{11} , as informações referentes ao desenvolvimento das atividades podem fluir com mais rapidez, e alcançar toda a rede. Apesar de percebermos desenvolvimento contínuo de atividades de extensão voltadas à Matemática no centro

CFP, os critérios utilizados até aqui não puderam estabelecer fluidez de contato entre os demais Centros, pois não foi identificada coautoria nos projetos de extensão desenvolvidos neste Centro.

CONCLUSÃO

Com auxílio do *software* Pajek, por meio das características estruturais da rede criada para análise do banco de dados fornecidos pela PROEXT e considerando a posição dos coordenadores dentro das instalações da Universidade, foi possível identificar e compreender como os docentes comunicam os seus trabalhos nos mesmos Centros de Ensino e, principalmente, em Centros diferentes. Identificando os vértices mais centrais dentro da execução das atividades de extensão, facilitamos estratégias de contatos entre docentes das áreas da Matemática, de modo a melhorar a circulação das informações referentes às atividades desenvolvidas. Calculando as diferentes medidas de centralidades e verificando a força de conexão do relacionamento profissional estabelecido entre eles, foi possível impulsionar melhoras no fluxo de informação, possibilitando o desenvolvimento amplo e efetivo dos projetos de extensão relacionados à Matemática na UFRB.

Como agenda de pesquisa, sugere-se observar e construir a Rede Social que relacione os demais docentes de outras áreas de conhecimento desta Universidade, a fim de maximizar as estratégias de contatos entre os docentes, possibilitando o desenvolvimento amplo e efetivo de todos os projetos de extensão que acontecem na multicampia da UFRB. Considerando a grande necessidade de otimização da difusão do conhecimento científico das produções no âmbito das universidades brasileiras, pretende-se, em trabalhos futuros, estender esta análise a outras Instituições de Ensino Superior ou Instituições de Pesquisa.

Referências

ANDRADE, M. T. T. et al. **O papel dos docentes em programas de pós graduação:** uma abordagem baseada em redes. Instituto Federal

de Educação Ciência e Tecnologia (IFBA), Simões Filho, BA, 2015. Citado na página 3.

ANJOS, M. C. R. et al. **A análise de redes sociais como ferramenta para o mapeamento de relações entre atores sociais de um projeto de extensão universitária.** *RECIIS - Revista Eletrônica de Comunicação, Informação & Inovação em Saúde*, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2015. Citado 2 vezes nas páginas 3 e 5.

DORNER, S. H. et al. **Cooperação científica:** uma análise da rede formada pelos pesquisadores do programa de pós-graduação em desenvolvimento regional e agronegócio da unioeste. *Revista Capital Científico Eletrônica (RCCe)*, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, São Luís, MA, 2016. Citado na página 3.

FARIAS, L. R.; VARGAS, A. P.; BORGES, E. N. **Um sistema para análise de redes de pesquisa baseado na Plataforma Lattes.** *Anais da VIII Escola Regional de Banco de Dados*, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2012. Citado na página 3.

HIGGINS S. S.; RIBEIRO, A. C. **Análise de redes em Ciências Sociais.** Brasília, DF: Enap Fundação Escola Nacional de Administração Pública, 2018. Citado na página 5.

OLIVEIRA, E. C. S. **Modelagem matemática: uma alternativa pedagógica para o ensino da geometria.** Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), 2013. Monografia. Disponível em: <<http://www.repositoriodigital.ufrb.edu.br/bitstream/123456789/875/1/ATUALIZADA-MONOGRAFIA-2013.pdf>>. Citado na página 2.

PEREIRA G. M. R.; CÂMARA, M. A. **Algumas Aplicações da Teoria dos Grafos.** *Famat em Revista*, UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA (UFU), Uberlândia, MG, 2008. Citado 2 vezes nas páginas 4 e 5.

PEREIRA, J. C. et al. **Redes de coautoria identificadas na produção científica em programa de pós-graduação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.** *RBPG. Revista Brasileira de Pós-Graduação*, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2014. Citado na página 3.